

영상정보를 이용한 8개의 모듈로 구성된 뱀 로봇의 움직임 제어

Snake-like Robot Motion Control consisted of 8 Module Using an image data

김성주, 남선진, 김종수, 김용택, 전홍태
중앙대학교 전자전기공학부

Seong-Joo Kim, Seon-Jin Nam, Jong-Soo Kim, Yong-Taek Kim, Hong-Tae Jeon
School Of Electrical and Electronic Engineering
Chung-Ang University
E-mail : brisbane98_99@hotmail.com

요 약

현재 인간처럼 직립 보행을 하거나 강아지처럼 인간과 함께 공존하도록 고안된 다양한 형태의 로봇이 개발되고 있다. 인간에게 보다 친숙한 로봇의 시대가 도래한 것이다. 본 논문에서는 뱀처럼 동작할 수 있는 뱀 형태의 로봇을 구현하고자 한다. 각 모듈은 수직, 수평 이동의 동작을 할 수 있는, 2 DOF를 가지는 모듈을 구성하였다. 여러 개의 모듈의 동작을 동시에 제어함으로써 뱀의 다양한 동작을 구현하였으며 시각 정보의 입력을 받아 물체의 색상과 물체의 형태를 인식할 수 있도록 구현하였다. 각 모듈에서는 2개의 모터 제어를 내장하고 있으며, 전체 모듈의 제어를 담당하는 중앙처리 장치에서는 실시간 각 모듈의 모터에 동작 신호를 전달하도록 구성하였다. 생물학적으로 관찰한 결과 뱀의 이동은 이동 지점의 환경에 따라 매우 다양하다. 사막에서의 이동과 정글에서의 이동이 다른 형태로 이루어짐을 알 수 있다. 이에, 본 논문에서는 뱀의 다양한 이동 동작을 모방하도록 각 모듈을 제어하였으며, 전체 동작을 관찰하였다. 로봇의 구현 결과 뱀의 이동시 보이는 다양한 동작과 유사한 형태의 동작을 구현할 수 있다

1. 서론

기존의 산업현장에서 사용되던 로봇 산업에서 더욱더 발전하여 인간 친화적 로봇을 만들기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 인간의 감정을 흉내내는 코그와 아이보와 같은 휴머노이드 로봇, 산업 발전의 원동력이 되고 있는 산업로봇, 미지의 세계를 탐사하는 연구탐사로봇과 같이 이미 로봇은 우리들의 생활과 아주 근접해 있다. 이러한 이동로봇의 발전으로 여러 형태의 이동로봇이 등장하였으며 그 중 동물의 동작을 모방한 로봇이 등장하였다. 어떤 장애물에도 방해받지 않고 자유롭게 이동할 수 있는 로봇을 만들기 위

해 그 중에서도 가장 큰 주목을 받은 것은 뱀 형태의 로봇이라 할 수 있다. 뱀은 복잡한 환경 하에서도 잘 움직이며, 넘어질 염려도 없다. 그런 특성을 로봇과 결합시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 논문의 목적은 제한된 환경에서의 자유이동과 시각정보를 통하여 Object의 형태를 판단함으로써 뱀 로봇이 가질 수 있는 특정움직임을 보이는 뱀 로봇의 구현을 본 논문의 목적으로 정하였다. 뱀 로봇은 8개의 모듈로 구성되었으며, 16개의 linear-linked servos motor를 이용하여 각 모듈이 2 Degree Of Freedom을 가지는 형태의 로봇

을 구현하였다. 뱀 로봇은 main controller 와 8 개의 Sub Controller 부분으로 구성되며 각 Sub Controller는 두 개의 Actuator를 내장하고 있다. Main Controller에서는 2.17ms의 주기로 PWM 신호를 보내어 16개의 Actuator를 제어하게 된다. 본론에서는 생물학적 뱀의 움직임과 종류 그리고 원하는 방향으로 진행하도록 하기 위한 뱀의 이동원리를 기술하였다. 그리고 실제 뱀과 같은 기계적 메카니즘을 실현하기 위한 시스템 구조를 기술하였으며, 뱀 로봇의 머리 부분에 위치한 USB 카메라로 입력되는 시각정보를 통하여 물체의 색상과 형태 판단 알고리즘과 판단을 기반으로 하여 뱀 로봇의 움직임을 Go, Stop 그리고 Watch Out의 세 가지 동작을 실험함으로써 본 논문을 소개하였다. 실험 결과로는 실시간으로 구현된 뱀 로봇의 움직임과 색상, 형태를 구분하여 이에 따른 뱀 로봇의 특징적 움직임을 보여주었다. 결론에서는 실험된 뱀 로봇의 보완점과 동작 특성 그리고 향후과제에 대하여 기술하였다.

2. 본론

(1) 생물학적 뱀의 이동방법

뱀의 이동은 가장 일반적인 뱀의 움직임으로 주위의 지형지물을 이용한 움직임으로 실제 뱀과 가장 유사하지만 구현 불가능 한 Lateral undulatory motion, 지렁이의 움직임과 유사하며 근육을 수축시켜 배 부분의 비늘을 앞으로 밀어내어 움직이는 Rectilinear motion 그리고 몸의 앞 부분을 앞으로 이동하고 자신을 지지하기 위해 땅을 누르면서 몸을 조금씩 감는 방식으로 뱀 로봇의 움직임을 구현하는데 가장 적절한 방식인 concertina motion, 머리와 꼬리를 지지대처럼 사용하면서 몸체가 땅위로 미끄러지면서 측면으로 움직이는 side-winding motion의 4가지 움직임으로 나뉜다. 본 논문에서는 실험에 사용된 뱀의 움직임 중 concertina motion과 side-winding motion으로서 뱀의 움직임 진행을 구현하였다.

(2) 뱀 로봇의 시스템 구조

뱀 로봇의 메카니즘을 구현하는 데에는 Steering과 지표면에서의 움직임과의 큰 연관성을 가지고 있는 모터의 사양에 의하여 크게 좌우된다. 이러한 점을 고려해 Servo는 최대 토크나 질량 그리고 속도 와 Power, 질량 대 Power, 질량 대 토크 등을 고려하여 4.8V 에서 동작속도가 0.16sec/60°이며, 출력토크는 5.5Kg · cm, 모터의 질량은 49g이며, 크기는 41×20×40mm이며 동작 범위가 -90°~

90°를 가지는 Hitec사의 HS-605BB 모터를 선택하였다.

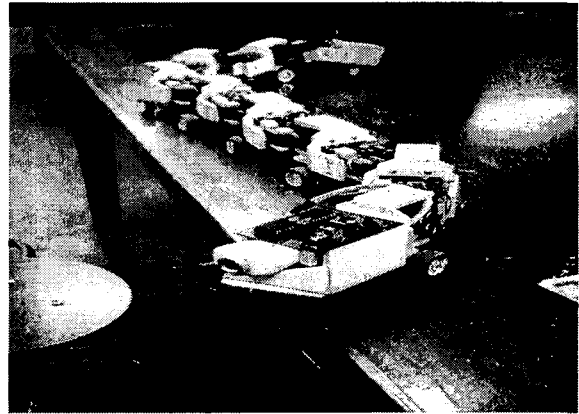


그림 1 구현된 뱀 로봇

그림 2에서 보여지는 뱀 로봇의 Main Controller에는 8K Bytes Flash Memory를 가지는 8bit one-chip micom으로서 Atmel사의 89c52를 사용하였으며, 각 모듈의 Sub-Controller에서는 89c2051를 사용하여 Actuator ID, 속도 그리고 각도 명령을 Main Controller의 89c52로부터 받은 정보를 토대로 각각의 Actuator를 제어하게 된다. 89c52와 89c2051은 9600bps의 속도로 단방향 Serial 통신을 하게 된다. PC와 89c2051도 단방향 Serial 통신으로서 PC에서 화상 정보를 처리하여 동작 명령을 내보내 주게 된다. 또한 단일 펄스로 Actuator를 제어하면 펄스에 상응하는 각도로 움직인 후 Torque가 소멸되기 때문에 89c2051의 Timer를 이용하여 PWM파형을 만들어 지속적으로 펄스를 보냄으로 토크를 유지할 수 있게 하였다.

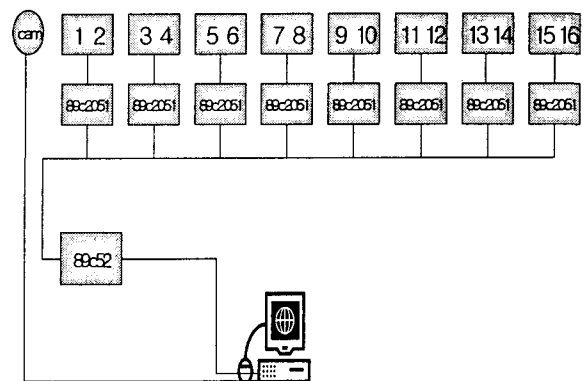
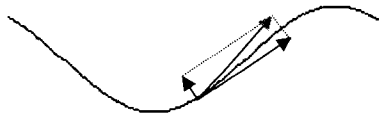


그림 2 뱀 로봇 제어 흐름도

89c52로부터 속도, 각도 명령이 전달되면 89c2051에서는 Serial Interrupt가 걸려 타이머의 Overflow주기를 변경시켜 주게된다. 타이머는 Setting 주기대로 Overflow를 발생하여 Overflow가 발생 할 때마다

타이머0 Interrupt가 걸리게되고 Setting 값에 따라 1또는 0을 I/O Port로 출력하여 Actuator를 제어하게 된다.

(3) 뱀의 동작원리



<그림3>

실제적으로 구현된 뱀 로봇이 앞으로 이동할 수 있는 제어를 위해선 각 Module에서 모듈을 축으로 하는 방향에 대한 마찰력 보다 법선 방향의 마찰력이 훨씬 크기 때문에 그림 3에서와 같은 방향으로 힘을 받아 앞으로 전진할 수 있는 이론을 가지고 움직임을 제어하였다.

본론에서 기술한 생물학적 뱀의 4가지 움직임 중 구현된 뱀 로봇의 동작원리는 Concertina Motion 방식과 유사한 움직임이며 그림 4에서 나타내었다. 이 방식을 Modeling하기 위해 Sine Wave를 이용하였다. Sine Wave의 궤적과 각 모듈의 길이를 이용하여 각 Module사이의 각도를 계산하였다. Main Module에 이러한 정보를 입력시켜 Actuator Control Module인 89C2051을 제어하였다. Modeling할 때 사용한 Sine Wave의 진폭과 주기를 변경시킴에 따라 로봇의 이동속도, 이동방향 등을 조절할 수 있었다.

(4) 영상정보를 이용한 물체 색상인식과 형태인식

뱀 로봇의 USB 카메라로부터 얻은 수많은 영상 정보는 수많은 Pixel의 집합이며 이때 각각의 Pixel에는 빛의 3가지 요소인 Red, Green 그리고 Blue의 데이터를 Byte단위로 가지고 있다. 이때 RGB의 값이 채도와 함께 명도를 결정하는 요소이므로 데이터 값을 절대적인 기준으로 비교하여 색을 결정 지을 수 없다. 즉, Red의 값이 크더라도 Green과 Blue에 비교하여 상대적으로 큰 값이 아니라면 Red로 인식할 수 없는 것이다.

예로서 USB 카메라를 이용하여 Red Object를 찾는다면 Green과 Blue 중에서 큰 값과 Red 값을 비교하여 Red 값이 더 크다면 해당 Pixel을 Red로 판단하게 된다. 이때 Strictness는 정수형 상수로 Red를 판단할 때 기준을 강화시키거나 약화시키는 역할을 한다. Target Object의 색상판단을 거치면 Object의 형태를 사각형, 정원 그리고 삼각형의 세 가지 형태로 Object의 형태를 판단하게 된다. Object의 색상 판단을 거치면 Object에

대하여 해당하는 특정 색의 Pixel 개수를 알 수 있다. 또한 Red Pixel들을 둘러싸는 Boundary Area를 그릴 수 있다. 이때 색상 판단에서 얻은 Pixel

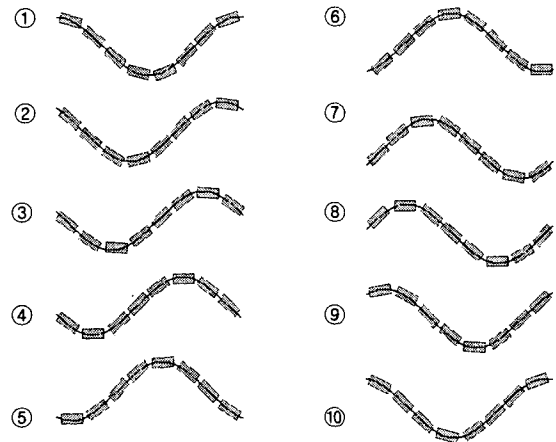


그림 4 Sine Wave 뱀 로봇의 동작

의 개수와 Boundary Area에 속하는 Pixel의 개수를 비교하여 형태를 판단하게 된다.

Pixel개수와 Boundary Area의 Pixel의 개수가 동일하면 사각형으로 판단을 하게 된다. 이때 Boundary Area에 0.9와 1.1이란 상수를 곱하여 오차를 고려하였다. 그러므로 Pixel의 개수가 Boundary의 개수의 90%에서 110%의 사이에 들어오면 사각형으로 판단을 할 수 있는 것이다. 또한 원을 판단할 경우에는 Boundary 대신에 Circle Area가 사용된다. 또한 오차의 범위를 적당하게 설정해도 사각형과 면적차가 크지 않기 때문에 구별이 잘 안될 수도 있으므로 Boundary Area의 가로 너비와 세로 높이가 같아야한다는 조건을 더 부여하였다.

3. 실험 평가

뱀 로봇의 구현과 동작 움직임을 구현한 후 뱀 로봇의 머리에 위치에 있는 USB 카메라를 통하여 영상정보를 이용함으로써 실시간으로 몇 가지 상황에 대하여 실험을 하였다. 실험을 위한 시나리오의 구성은 다음과 같다. 만약 PC로 입력된 데이터로부터 Blue의 색상을 가진 원형의 Object가 뱀 로봇의 앞에 위치해 있다면 뱀 로봇은 Watch Out이란 동작 명령을 수행함으로써 뱀의 특성을 가진 위험 상태를 나타내게 된다. 연속된 영상 정보를 이용하여 Case(1), Watch Out의 동작 명령이 수행된 후 Case(2), Red의 색상을 가진 사각형의 Object가 위치해 있다면 Go란 동작 명령을 수행한다. 마지막으로 Case(3), Green의 색상을 가진 삼각형의 Object가 위치해 있다면 뱀 로봇은 Stop의 동작 명령을 수행함으로써 뱀

로봇이 정지하는 움직임을 실험하였으며 이에 대한 실험 결과로는 다음의 동영상 사진 자료들을 실험을 통하여 얻을 수 있었다.

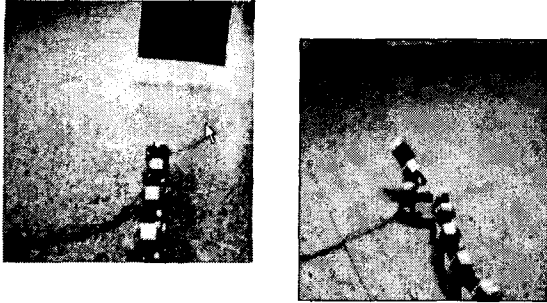


그림 4 Case 1

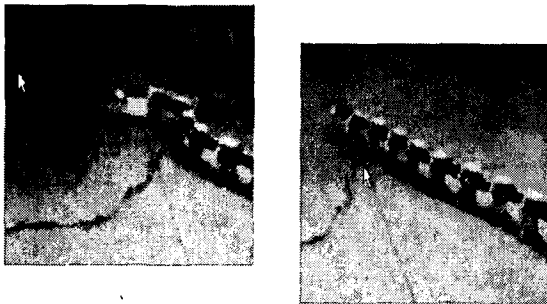


그림 5 Case 2

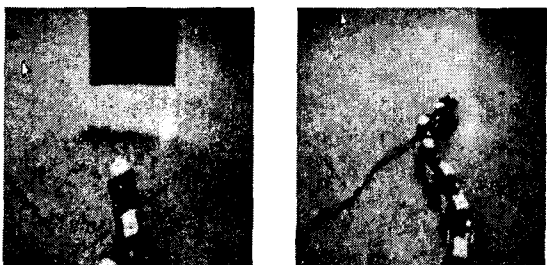


그림 6 Case 3

4. 결론 및 향후과제

실제 구현된 뱀 로봇의 동작을 자유롭게 제어하기 위해 89C52, 89C2051, Servo Motor를 이용하여 하나의 모듈이 2 DOF를 갖는 모듈 8개를 결합하여 뱀 로봇을 제작하였다.

실제 뱀의 운동원리를 참고로, 뱀의 진행 움직임을 Modeling하여 로봇이 진행할 수 있도록 하였으며, USB 카메라, PC와의 연결 등을 통하여, 영상정보에 따른 움직임을 제어할 수 있었다. 그러나, 실제 뱀은 한쪽 방향으로 뻗어있는 비늘이 있고, 몸의 각 부분간 외부와의 접촉을 감지할 수 있기 때문에, 각 상황에 대한 자연스러운 동작을 할 수 있으나, 논문에서 제안된 뱀 로봇은 머리부의 USB카메라를 제외하고는 센서가 전무

하기 때문에 경사면이나 고르지 못한 평면에서의 진행방향을 제어하는데 어려움이 있었다.

향후 과제는 서론에서 기술된 뱀 움직임의 4가지 동작 중 구현 가능한 움직임인 Side-Winding 동작을 구현하는 것이며 지금까지의 실험에서 진행 방향이 앞으로만 국한된 움직임을 좌측과 우측으로의 회전을 제어하는 것을 목적으로 하여 Sensor 정보를 기반으로 움직이는 Target Object를 추종하는 것과 실시간으로 입력된 센서정보와 영상정보를 바탕으로 하여 상황 판단알고리즘을 신경회로망을 이용하여 지능을 가진 뱀 로봇의 구현을 목적으로 하고 있다.

본 연구는 '과학기술부 뇌신경 정보학 연구사업'에 의해 지원 받았습니다.

5. 참고문헌

- [1] Dowling, K., "Limbless Locomotion: Learning to Crawl with a Snake Robot," PhD Thesis, The Robotics Institute Carnegie Mellon University., 1997
- [2] Simon Haykin, Neural Networks - A Comprehensive Foundation, Macmillian College Publishing Company Inc., 1994
- [3] 신대섭. 정상봉, "8051+C언어를 이용한 초보자가 만드는 로봇" 도서출판 세화., 2001.
- [4] Hirose, Morishima, A., "Disign and Control of a Mobile Robotic with an Articulated Body," International Journal of Robotics Research, vol.9, no.2, April 1990, pp. 99-114.
- [5] Hirose, S., Nose, M., Kikuchi H., Umetami, Y., "Adaptive Gain Control of a Quadraped Walking Vehicle," Robotics Research: The First International Symposium. Edited by M. Bardy, R.P. Paul, MIT Press, 1984, pp. 253-277. ISBN 0-262-02207-9
- [6] W. Nelson, I. Cox: "Local Path Control for an Autonomous Vehicle", proc. IEEE Conf. on Robotics and Automation, 1504-1510, 1988